

Markus Anttila

# 3D-tietomallipohjainen talotekniikan LVI-suunnittelu

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Talotekniikan tutkinto-ohjelma

Insinöörityö

15.2.2016

Tekijä Otsikko	Markus Anttila 3D-tietomallipohjainen talotekniikan LVI-suunnittelu
Sivumäärä Aika	30 sivua + 2 liitettä 15.2.2016
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	talotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	LVI-tekniikka, suunnittelupainotteinen
Ohjaaja	yliopettaja Juhani Eskelinen
<p>Työn tavoitteena on esittää, minkälaisia menetelmiä ja työkaluja talotekniikan suunnittelutyössä käytetään, jotta saataisiin aikaiseksi kattava ja toimiva kolmiulotteinen tietomalli. Työn alkuvaihe käsittelee teoriaa, joka nojaa pitkälti YTV2012:n ohjeistuksiin ja määräyksiin. Teoriaosuudessa käydään läpi eri vaiheet ja osapuolet. Työn loppupuoliskolla esitellään oikea referenssikohde, jota olen suunnittelutyössäni päässyt toteuttamaan mallintamalla.</p> <p>Kolmiulotteinen tietomalli on geometrinen malli rakennuksesta, johon voidaan kiinnittää tietoa. Arkkitehti luo rakennuksen geometrisen mallin, jonka avulla talotekniikan suunnittelijat voivat aloittaa suunnittelutyön. Työn edetessä malliin tuodaan suunnitteluohjelmilla piirretyt putkistot ja laitteet. Lopuksi kaikkien alojen mallit yhdistetään, ja näin ollen toteutus- ja ylläpitovaiheessa käytettävissä on valmis ja kattava tietomalli.</p> <p>Ohjelmistopuolella suurimpia tekijöitä mallintamisen saralla ovat MagiCAD, Solibri ja Navisworks. Suomalaisissa toimistoissa ne ovat vakiintuneet suosituimmiksi ohjelmistoiksi mallintamishankkeissa. Yhtenäiseksi käytännöksi alalla on muodostunut IFC, joka on kansainvälinen tiedonsiirtostandardi rakentamisen tuotetietojen tiedonsiirtoon ja yhteiskäyttöön.</p> <p>Referenssikohteena työssä käytetään Vuosaaren suunnitteilla olevaa hallirakennusta. Hanke on vielä kirjoitushetkellä L2-luonnosvaihetasolla, mutta suunnitelmat ovat jo nyt suhteellisen kattavia ja käyttökelpoisia työn kannalta.</p> <p>Tietomallintamisen kustannuksia olen selvittänyt haastatteluiden avulla, haastattelukysymykset ovat esitetty alalla pitkään toimiville suunnittelijoille ja projektipäälliköille. Yleinen käsitys on, että mallintaminen lisää suunnittelukustannuksia noin 5–10 %.</p> <p>Työ päättyy pohdinta osioon, jossa käydään läpi mallintamisen hyötyjä ja haittoja. Tämän jälkeen on vielä listattu muutamia parannusehdotuksia ohjelmistojä ja menetelmiä koskien.</p>	
Avainsanat	3D, tietomallinnus, tietomalli, LVI-suunnittelu, CAD

Author Title Number of Pages Date	Markus Anttila Building Services in 3D Information Model 30 pages + 2 appendices 15 February 2016
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Building Services Engineering
Specialisation option	HVAC Engineering, Design Orientation
Instructor	Juhani Eskelinen, Principal Lecturer
<p>The purpose of this final year project was to study three dimensional data modeling in building services engineering in order to learn the theory and methods, and that way improve working habits. The project also reviewed a reference building, which was part of my daytime job. Furthermore, the advantages and disadvantages of data modeling design process were described.</p> <p>Information for the project was gathered mostly from COBIM that stands for Common Building Information Modeling Requirements 2012. Material was also acquired by studying the features of and problems with data modelling programs. The project also included interviews with experts with practical experience about working with data models.</p> <p>The results show that executing a functioning data model requires a lot of preparation and planning. Naturally, it increases the workload of the design process, but the benefits gained from the model compensate the expenses in most cases. Based on the interviews, design work with data modeling is around 5 – 10 % more expensive, but in construction phase it will add up.</p> <p>The project proves that data modeling helps designers to visualize complex structures better. In the future this thesis will help new designers to adopt the methods and tools that are required when working with data models.</p>	
Keywords	HVAC, data model, building services, 3D, CAD, BIM, COBIM

# Sisällys

## Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Tietomalli	2
2.1	Tietomallinnuksen vaiheet	3
2.1.1	Rakennushankkeen käynnistys	3
2.1.2	Ehdotussuunnittelu	3
2.1.3	Yleissuunnittelu	5
2.1.4	Toteutussuunnittelu	5
2.1.5	Hankintoja palveleva suunnittelu	7
2.1.6	Toteutus	7
2.1.7	Vastaanotto	8
3	Talotekniikan tietomallien suunnittelu	8
3.1	Talotekniikan tietomallin suunnitteluvaiheet	9
3.1.1	Ehdotus- ja yleissuunnittelu	9
3.1.2	Toteutussuunnittelu	11
3.1.3	Tietomalliselostus	12
3.2	3D-geometria tietomallin osana	13
3.3	Tietomallinnuksen kustannukset	14
3.4	Käytettävät ohjelmistot	14
3.4.1	MagiCAD	15
3.4.2	Solibri Model Checker	16
3.4.3	Navisworks Simulate	17
3.5	Talotekniikan suunnittelualat	18
3.5.1	Vesijohto- ja lämmitysjärjestelmien tietomallit	18
3.5.2	Ilmanvaihtojärjestelmien tietomallit	20
4	Referenssikohde	21
4.1	Työn tavoitteet ja sisältö	21
4.2	Hankkeen osapuolet	21
4.3	Käytettävät ohjelmistot ja työn kulku	22
4.4	Kuvaus kohteesta	24
4.5	Lämmitys	26
4.6	Ilmanvaihto	26

4.7 Käyttövesi ja viemäri	27
5 Johtopäätöksiä	28
Lähteet	30
Liitteet	
Liite 1. Esimerkki tietomalliselostuksesta	
Liite 2. Haastattelukysymykset	

## Lyhenteet

2D	Kaksiulotteinen
3D	Kolmiulotteinen
BIM	Building information modeling
CAD	Computer-aided Desing, tietokoneavusteinen suunnittelu
COBIM	Common BIM Requirements 2012. Modeling guidelines for the design of information models
DWG	CAD-ohjelmien käyttämä tiedostomuoto
HVAC	Heating, ventilating, air conditioning
IFC	Industry Foundation Classes. Kansainvälinen tiedonsiirtostandardi rakentamisen tuotetietojen tiedonsiirtoon ja yhteiskäyttöön
LVI	Lämpö, vesi, ilmanvaihto
LVIA	Lämpö, vesi, ilmanvaihto, automaatio
PDF	Portable Document Format, Adoben kehittämä siirrettävä tiedostomuoto
STARA	Rakentamispalvelu Stadin rakentajat, Helsingin Kaupungin virasto
TATE	Talotekniikka
XREF	External reference. Ohjelman ulkopuolinen liitetiedosto
YTV2012	Yleiset tietomallivaatimukset 2012. Mallinnusohjeet tietomallien suunnittelu varten

## 1 Johdanto

Päätin valita tietomallinnuksen insinööri­työn aiheekseni. Aihe sopii hyvin nykyiseen tilanteeseeni opiskelijana ja työn suhteen. Valitsin insinööri­työn aiheen nykyisten työ­tehtävieni perusteella. Työssäni toteutan suunnittelua mallintamalla, ja aiheen valinta oli looginen ja mielenkiintoinen. Insinööri­työssä aluksi paneudun mallintamisen yleisiin käytäntöihin ja esittelen ohjelmistoja, joilla mallintamista tehdään. Seuraavissa osioissa keskityn tekeillä olevan rakennuskohteen kuvaamiseen. Kuvaan mallinnusprojektin toteutuksen eri vaiheita ja suunnitteluprojektin osapuolia. Loppuosassa kohdeprojektiin perustuen laadin yhteenvedon mallinnuksen eduista ja haitoista sekä tulevaisuuden näkymistä.

Tietomallista puhuttaessa puhutaan virtuaalisesta mallista, joka on tässä tapauksessa suunnitteilla oleva rakennus. Tietomalliin on lopulta tarkoitus tuoda kaikkien suunnittelualojen suunnitelmat; työssäni keskityn kuitenkin vain LVI-järjestelmiin, joita ovat käytövesi-, viemärointi-, lämmitys- ja ilmastointijärjestelmät.

Tietomallien käyttö on murrosvaiheessa ja vasta vakiintumassa tulevaisuuden käytännöiksi. Tietomallien käyttö rakennushankkeissa arkkitehtuuripuolella on ollut tyypillisesti yleisempää, kun muilla osa-alueilla suunnittelutyötä on tehty perinteisin keinoin. Viime aikoina Suomessa on isompia julkisen sektorin hankkeita haluttu toteuttaa hyödyntämällä tietomallinnusta. Kun kaikki rakennushankkeen suunnitelmat ovat tuotavissa tietomalliin, on luontevaa hyödyntää tietomallia rakennusvaiheen aikana.

Kolmiulotteisen tietomallin puolesta puhuvia hyötyjä ovat mm. suunnittelun aikana parempi havainnollisuus ja ymmärrettävyys, määrätietojen käyttö kustannuslaskennassa sekä mahdollisesti parempi lopputulos projektin osalta laadullisesti ja elinkaaritaloudellisesti.

Suurimpana hidasteena mallinnuksen yleistymiselle on sen hinta suunnitteluvaiheessa. Ohjelmistot ovat kalliimpia, ne vaativat kouluttautumista ja myös itse suunnittelutyö vie enemmän työtunteja perinteiseen suunnitteluun verrattuna. Nämä kaikki kustannukset on kuitenkin mahdollista saada takaisin säästöinä rakennusvaiheessa, kun suunnittelussa tapahtuneet virheet tai tilanvarausongelmat eivät päädy työmaalle asti vaan huomataan ajoissa jo mallintamisvaiheessa.

Työn aikana suoritin haastatteluja (liite 2) muutamille mallintamisen parissa alalla työskenteleville henkilöille. Haastatteluissa kerättyjä tietoja hyödynnetään sellaisissa aiheissa, joihin ei kirjallisuutta ole helposti saatavilla.

## 2 Tietomalli

Tietomalli on rakennuksen ja rakennusprosessin koko elinkaaren aikaisten tietojen kokonaisuus digitaalisessa muodossa. Kolmiulotteisen tietomallin tarkoitus on niputtaa kaikki tarvittava tieto yhteen, jolloin tiedon hyödyntäminen on nopeaa ja helppoa. Jokainen yksittäinen tieto tallennetaan vain kerran, ja sen jälkeen siitä hyötyvät kaikki suunnittelu- ja toteutusketjussa sekä myöhemmässä vaiheessa rakennuksen ylläpitäjät. Tietomalli mahdollistaa erilaisten simulointien ja analyysien tekemisen jo hyvin varhaisessa vaiheessa hanketta. Tällä edesautetaan rakennuksen suunnittelunormien täyttymistä ja toimivuutta.

Suuri etu perinteiseen dokumenttipohjaiseen toimintatapaan nähden on, etteivät tiedot ole hajallaan eri piirustuksissa ja raporteissa, vaan yhdessä mallissa, josta voidaan ottaa ulos vain sillä hetkellä tarvittava tieto. Ulosannissa dokumenttien sisältö voidaan sovittaa vastaamaan kunkin käyttäjän omia tarpeita. Esimerkiksi piirustuksesta voi riisua sisältöä, mikä tekee niistä helpommin luettavamman ja tulkittavan.

Dokumenttien tuottaminen mallista on helppoa ja nopeaa, monesti jopa täysin automatisoitua. Mallissa on itsessään varmistus sille, etteivät dokumentit ole keskenään ristiriidassa toisiinsa nähden. Tämä varmistetaan sillä, että eri suunnittelualojen mallit yhdistetään yhdistelmämalliksi. Malleja voidaan tuottaa eri suunnitteluohjelmilla, jolloin tarvitaan yhteinen siirtomuoto objektien älykkääseen tiedonsiirtoon. Rakennuksien malleissa tähän on kehitetty IFC-formaatti, joka sisältää tiedon rakennusosien muodoista ja ominaisuuksista. Infrapuolella käytetään LandXML-formaattia tiedonsiirrossa.

Myös mm. aikatauluja ja hintatietoja voidaan liittää tietomalliin. Tällöin esivalmistus-, valmistus- ja rakentamisprosessit voivat hyötyä mallin tiedoista prosessin hallinnassa [1].



## 2.1 Tietomallinnuksen vaiheet

Kun rakennuksesta päätetään tehdä tietomalli, on kyseessä laaja suunnitteluprosessi. Osallisena ovat kaikki suunnittelualat, jotka ovat arkkitehti, rakennesuunnittelija ja taloteknisten järjestelmien suunnittelijat. Vaikka työ käsittelee tietomallia talotekniikan osalta, on hyvä esittää, mitä vaiheita koko tietomallin luomiseen liittyy. Seuraavissa luvuissa esitetään, mitä eri vaiheita tietomallinnushankkeessa on.

### 2.1.1 Rakennushankkeen käynnistys

Ennen kuin rakennushanke käynnistetään, tehdään tarveselvitys. Se on vaihe, jossa kartoitetaan kiinteistön omistajan ja tulevan käyttäjän tarpeet ja tavoitteet. Selvityksen perusteella arvioidaan mahdolliset vaihtoehdot ja tehdään päätökset toimintamallista haluttujen tavoitteiden saavuttamiseksi. Tarveselvitysvaiheessa tietomallilla on harvoin geometrinen muotoa. Yleensä tässä vaiheessa laaditaan vaatimusmalli, joka on tyypillisesti taulukkomuodossa oleva tilaohjelma. Taulukko sisältää kaiken suunnittelun vaatiman tiedon pinta-aloista, käyttötarkoituksista, erityisvaatimuksista ja käyttäjän asettamista tavoitteista ja vaatimuksista. Siinä voidaan esittää mm. tavoitteita kokonaisenergian kulutuksesta, lämmitysenergian kulutuksesta yms.

Toistaiseksi lainsäädäntö tietomallinnuksessa on vielä sama kuin dokumentointipohjaisessa suunnittelussa. Tämän muuttuminen vaatii laajamittaista kehitystyötä yhdessä eri viranomaisten kanssa. [2, s. 11–13.]

### 2.1.2 Ehdotussuunnittelu

Ehdotussuunnitteluvaiheessa etsitään sopivinta perusratkaisua karkealla tasolla olevilla vaihtoehtoisilla suunnitelmilla. Kaikkien suunnittelijoiden ajantasaiset mallit tulisi olla aina muiden saatavilla, mikä varmistetaan sopimalla riittävän tiheä päivitysväli esimerkiksi projektipankkiin. Tyypillisesti sopiva tallennusväli ehdotussuunnitteluvaiheessa on suunnittelukokousten väli. Tilaajan tehtäviin tässä vaiheessa kuuluvat suunnitelmien ohjaus, vaihtoehtojen vertailu ja parhaan vaihtoehdon valinta seuraavaa vaihetta varten. Tämä tehdään yhteistyössä tulevan käyttäjän kanssa.

Inventointimalli eli olemassa olevien rakennusten mallinnus sisältyy tietomallivaatimukseen uudiskohteissa ja korjausrakentamishankkeissa. Tämä on tärkeää, koska olemassa olevan tilanteen mallintaminen on perusedellytys suunnittelulle ja kaikelle muulle mallintamiselle.

Ehdotussuunnitteluvaiheessa selvitetään erilaisia vaihtoehtoisia ratkaisuja. Tilat, rakennuksen massoitus sekä ulkovaippa kuuluvat arkkitehdin vastuulle, niiden tarkkuuden on oltava riittävällä tasolla. Arkkitehdin tulee toteuttaa tilamalli siten, että siitä saadaan automaattisesti selville tilojen käyttötarkoitukset, pinta-alat sekä rakennuksen kokonaistilavuus.

Rakennesuunnittelija laatii tässä vaiheessa suunnittelua koko rakennuksesta alustavan rakennusosamallin arkkitehtimallin pohjalta. Myös tyyppirakenteista tehdään omat mallitasot.

Talotekniikan suunnittelijat laativat ehdotussuunnitteluvaiheessa alustavat, karkealla tasolla määritetyt järjestelmämallit, joissa kuvataan järjestelmien pääreititys ja tilaa vievien kanavien ja johtojen reitit. Myös palvelualuekaavio, 2D-leikkaukset ja 3D-mallihuone astuvat kuvaan tässä vaiheessa.

Kustannusarvio tehdään tässä vaiheessa pinta-aloihin ja tilavuuksiin perustuvilla tiedoilla. Tilapohjainen kustannuslaskelma kuuluu mallipohjaisen prosessin pakollisiin tehtäviin.

Energiankulutusanalyysia voidaan laatia pinta-alojen ja tilaluokkien perusteella. Mallien avulla voidaan myös tehdä elinkaarikustannusarvioita, joiden perusteella vaihtoehtoja voidaan vertailla.

Kolmiulotteista mallia kannattaa ja tulee hyödyntää havainnollistamiseen, sen avulla projektin osapuolille muodostuu yhtenäinen käsitys suunnitelmavaihtoehtoista. Vaadittu havainnollistamisen määrä ja laatu määritetään tarjouspyynnössä ja sopimuksissa projektikohtaisesti. Ehdotussuunnitteluvaiheessa tavanomaisesti riittää karkealla tasolla olevien massamallien käyttö.

Tietomallia tehdessä tulee olla valittuna tietomallikoordinaattori. Hänen tehtävä on järjestää mallien yhteensopivuus, jolla pidetään huoli eri koordinaatistojen ja korkomaail-

mojen toimivuudesta. Tietomallikoordinaattorin tehtäviä ovat mm. mitä malleja eri vaiheissa tarvitaan, päivittää tietomallia koskeva aikataulu ja tavoitelista, tarkistaa että pysytään aikataulussa mallien kanssa ja varmistaa yleinen mallin toimivuus. [2, s. 13–15.]

### 2.1.3 Yleissuunnittelu

Luonnossuunnitteluvaiheessa lähdetään viemään eteenpäin ehdotusvaiheessa valittua perusratkaisua, jonka pohja on arkkitehdin tietomalli. Tilaajan tekemät vaatimukset on päivitetty edellisestä vaiheesta nykyisten päätöksien mukaisiksi. Tilaajan tehtävä yleissuunnitteluvaiheessa on suunnittelun ohjaus ja suunnitelman hyväksyminen toteutus-suunnittelua varten. Päätöksenteko nopeutuu, kun tietomallin tarjoama helpompi havainnollistaminen ja interaktiivinen visualisointi ovat käytettävissä.

LVI-suunnittelijoiden tulee tässä vaiheessa suunnittelua varmistaa järjestelmien tilantarpeet ja vaikutukset muiden suunnittelijoiden kannalta. Mallin tulee sisältää pääkanavistojen ja konehuoneiden tilantarpeet sellaisessa laajuudessa, että tarvittavat tilanvaraukset ja vaikutukset muuhun suunnitteluun voidaan arvioida.

Yleissuunnitteluvaiheessa tehdään aiempaa suunnitteluvaihetta tarkempi kustannusarvio. Se perustuu tilaluokkien ja pinta-alojen perusteella tehtävään arvioon, jossa hyödynnetään arkkitehdin ja muiden suunnittelualojen mallien määrätietoja. [2, s. 15–17.]

### 2.1.4 Toteutussuunnittelu

Toteutussuunnittelussa menetellään samalla tapaa kuin yleissuunnitteluvaiheessakin, ainoastaan tiedon tarkkuustaso kasvaa merkittävästi. Urakkatarjouspyynnöissä on määritetty, miten tarkkaan suunnitelmat viimeistellään, jolloin kaikki projektin mallit tarkentuvat yksityiskohtaisilla tyyppitiedoilla. Projektipankilla varmistetaan kaikkien suunnittelualojen käsiksi pääsy tuoreimpiin suunnitelmiin. Sopivana tallennusvälinä voidaan pitää yhtä viikkoa.

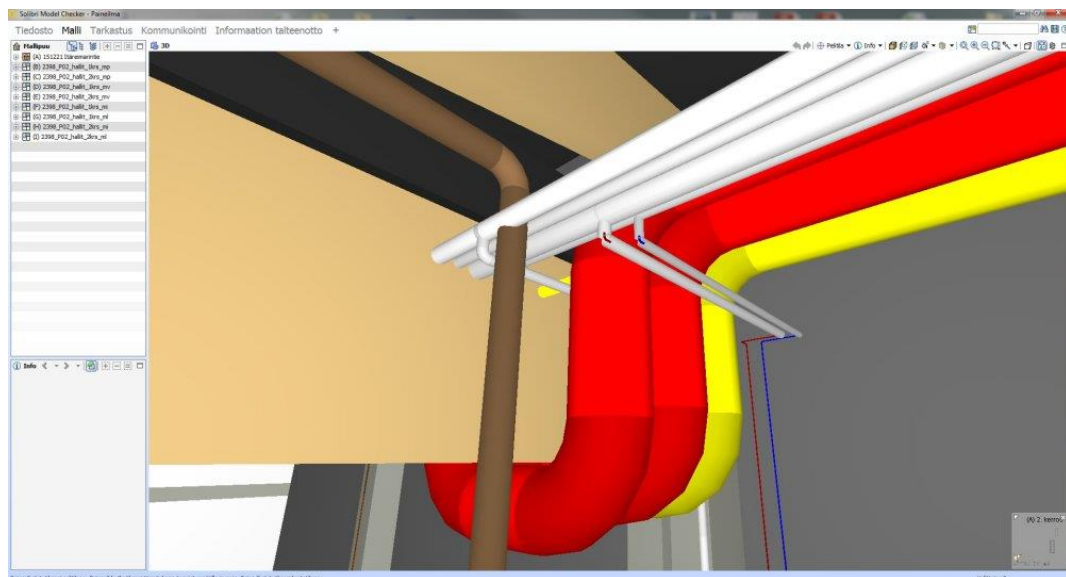
Suunnittelun ohjaus ja suunnitelmien hyväksyminen on tilaajan vastuulla toteutussuunnitteluvaiheessa. Vaiheen lopussa toteutussuunnitelmat hyväksytään sellaisessa laajuudessa, että niitä voidaan hyödyntää rakennushankkeen valmisteluvaiheessa ja

urakkatarjouskyselyissä. Normaalin suunnittelukäytännön mukaisesti suunnittelua täydennetään toteutusvaiheessa. Tällöin myös kaikki tietomallit on päivitettävä suunnittelmamuutoksia vastaaviksi.

Arkkitehtimallin ja rakennesuunnittelijan tietomallin tulee vastata toisiaan. Mallia on voitava käyttää määrälaskennassa, suunnitelmien yhteensovittamisessa sekä aikataulujen laatimisessa. Myös LVI-suunnittelijan käyttämien tietomallien tulee myös vastata arkkitehtimallia.

Suunnitelmien havainnollistaminen on yksi mallin tehtävistä. Se millä tasolla havainnollistamisen määrä ja laatu ovat, määritellään tarjouspyynnössä ja suunnittelusopimuksessa projektikohtaisesti. Toteutussuunnitteluvaiheessa havainnollistamista voidaan käyttää selvästi aiempia vaiheita paremmin, koska yleensä tässä vaiheessa mallin tiedot riittävät korkeatasoiseen havainnollistamiseen.

Kaikkien suunnittelijoiden malleista tulee tehdä yhdistelmämalli, jolla tarkastellaan ja havainnollisesta suunnitelmia ja niiden yhteensopivuutta. Yhdistelmämallin luonnista vastaa tietomallikoordinaattori, joka voi tässä tapauksessa olla esim. pääsuunnittelija tai ulkopuolinen konsultti. Talotekniikan tämän vaiheen tarkastelut keskittyvät törmäystarkasteluihin (kuva 1), järjestelmien ja rakenteiden törmäystarkasteluihin, järjestelmille varattujen tilojen riittävyteen ja reikä- ja varaussuunnitteluun.



Kuva 1. Esimerkki Solibrin tietomallista, jossa putkistot lävistivät toisensa. [11]

Kun tietomallit on tarkastettu, niistä voidaan tuottaa määräluetteloita ja niihin pohjautuvia kustannusarvioita. Määräluetteloja hyödynnetään myös urakkatarjousvaiheessa. Edellä mainitut voidaan myös sisällyttää tietomallipohjaisen prosessin tehtäviksi. Kaikkia haluttuja määriä ei välttämättä voida mallin kattavuudesta riippuen laskea, jolloin on käytettävä perinteisiä menetelmiä.

Kun suunnitelmat tarkentuvat, voidaan alkaa tuottamaan lopullisia energiankustannusanalyyskejä sekä elinkaarikustannuslaskelmia. Näitä voidaan rakennuksen käytön aikana verrata toteutuneisiin arvoihin.

Tietomallikoordinaattorin tehtäviin toteutussuunnitteluvaiheessa kuuluu mm. tietomallin aikataulun päivittäminen, tarkistaa malliin viedyt tiedot sekä varmistaa yhteensopivuus ja ristiriidattomuus suunnittelutilanteen mukaisesti. [2, s. 17–18.]

#### 2.1.5 Hankintoja palveleva suunnittelu

Hankintoja palvelevassa suunnitteluvaiheessa tietomalli ja siitä tuotetut määräluettelot, visualisoinnit sekä muut dokumentit luovutetaan tarjousten tekijöille urakkatarjousten helpottamiseksi ja edistämään rakennustyön alustavaa suunnittelua. Kun kohteesta on saatavilla kolmiulotteinen tietomalli, urakoitsijat voivat paremmin tutustua suunnitelmiin ja rakennuspaikkaan. [2, s. 19]

#### 2.1.6 Toteutus

Usein urakoitsijoiden käyttämät tietomallin hyödyntämistavat liittyvät tuotannon järjestämisen sisältöihin. Tietomallien visuaalisuus on edelleen yksi merkittävimpiä hyödyntämistapoja monissa käyttötilanteissa. Tärkeimpinä käyttökohteina voidaan mainita mm. kohteeseen ja rakenteisiin perehtyminen, työjärjestyksen suunnittelu ja töiden yhteensovittaminen.

Määrälaskenta tietomallista nopeuttaa laskentaa, ja sillä saavutetaan tarkemmat tulokset, edellyttäen että mallinnus on tehty huolellisesti ja oikein. Mallipohjainen määrälaskenta ja siitä saatavat määräluetteloihin perustuvat valmiit raporttipohjat poistavat ison osan päällekkäisistä töistä, minkä avulla parannetaan rakentamisen tuottavuutta.

Myöhemmin kun tietomallit yleistyvät, voidaan valmiita määräluetteloita hyödyntää myös alihankintatarjouspyyntöjen aineistona.

Aikataulun tarkoitus tietomallipohjassa on täydentää tilaajalle annettavaa rakentamisaikataulua ja ohjata mm. täydentävän suunnittelun järjestystä. Hankkeen aikataulun kannalta kriittisiä rakenteita, joita koskeva aikataulutieto viedään tietomalliin, voivat olla esim. perustukset, runko ja purkutyöt.

Rakennus- ja asennustöiden edetessä voidaan mallia päivittää toteutuneilla tiedoilla, tämän avulla havainnollistetaan ja dokumentoidaan töiden edistyminen. Toteutuksesta vastaavat urakoitsijat ja suunnittelijat käyvät tietomallin avulla läpi mm. elementtiasennussuunnitelman ja paikallavalurakenteet.

Tietomallia voidaan hyödyntää myös talotekniikan asennuskatselmuksen tekemisessä, jossa asennettava alue käydään läpi urakoitsijan kanssa. Tällöin suunnitellaan asennusjärjestykset ja varmistetaan aikataulun sopivuus eri urakoitsijoiden kesken. [2, s. 19]

#### 2.1.7 Vastaanotto

Vastaanotossa oleelliset asiat mallintamisessa ovat rakennusvaiheessa tuotettavat toteumamallit ja huoltokirja. Hankkeen lopussa tulee myös varmistaa, että rakentamisen aikana tehdyt muutokset on viety malleihin ja tietomallit vastaavat toteutunutta rakennusta.

Rakennuksen käytön ja ylläpidon aikana mallipohjaiset huoltokirjat ovat vasta tuloillaan, ja toistaiseksi niitä vaaditaan ainoastaan poikkeustapauksissa. Kuitenkin kaikkien osapuolien on työskentelymenetelmistä riippumatta täytettävä tilaajan asettamat huoltokirjoja koskevat normaalit aineistovaatimukset. [2, s. 20]

### 3 Talotekniikan tietomallien suunnittelu

Tässä luvussa keskitytään talotekniikan tietomallien suunnitteluun ja sen eri vaiheisiin. Talotekniikan tietomalli sisältää kaiken tiedon tulevasta tai olemassa olevasta rakennuksesta. Taloteknistä tietomallia luodaan arkkitehtimalliin, johon sijoitetaan LVI-

järjestelmät. Tietomallia hyödynnetään kohteen suunnittelu- ja toteutusvaiheessa sekä sen ylläpidossa.

### 3.1 Talotekniikan tietomallin suunnitteluvaiheet

Kun lähdetään suunnittelemaan taloteknistä tietomallia, suunnittelu jakautuu kahteen eri osa-alueeseen. Nämä vaiheet ovat ehdotus- ja yleissuunnitteluvaihe sekä toteutus-suunnitteluvaihe. [3, s. 7]

#### 3.1.1 Ehdotus- ja yleissuunnittelu

Ehdotus- ja yleissuunnitteluvaiheessa on tavoitteena tukea muita suunnitteluosapuolia, jolloin tavoitteena yleensä on tuottaa riittävät tiedot arkkitehti- ja rakennemallien tekemiseksi. Suunnittelussa tehdään energia- ja olosuhdesimulointeja, jotka tukevat suunnittelutyötä rakennuksen mallia määrittäessä. Tässä vaiheessa ei ole tarkoitus tuottaa koko rakennuksen kattavaa järjestelmämallia, vaan pääprioriteettina keskitytään järjestelmävalintoihin, palvelualuekaavioihin ja tilanvarauksiin taloteknisten järjestelmien osalta.

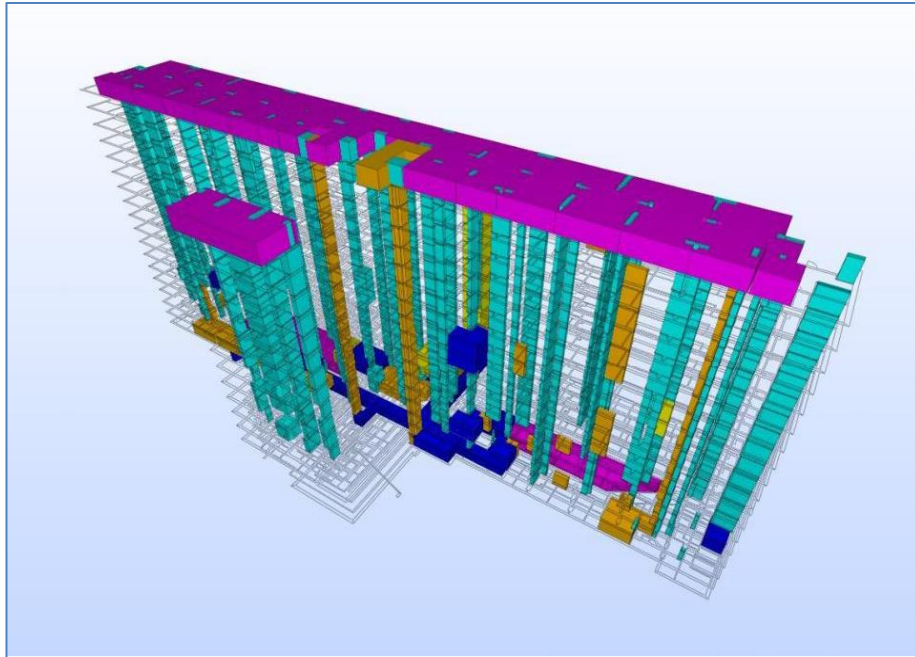
Ehdotussuunnitteluvaiheessa tehdään ja kokeillaan vaihtoehtoisia ratkaisuja TATE-suunnittelun tehtäväluettelon mukaisesti.

Tietomallinnusta ei välttämättä tarvita tässä vaiheessa kaikissa ehdotussuunnitteluvaiheen tehtävissä. Se miten laaja tietomallista tehdään, sovitaan projektin aikana tai määritellään suunnittelutarjouspyynnössä. [3, s. 7]

Ehdotus- ja yleissuunnitteluvaiheessa taloteknisten järjestelmien suunnittelija varaa tekniikalle riittävät tilantarpeet sekä teknisille järjestelmille vaadittavat tilat, huomioonottaen asennusten ja laitteiden vaatimat huoltoalueet ja niiden tilantarpeet. Tietomallintamisen kannalta TATE-tilavaraukset jakautuvat kahteen ryhmään.

## Tilanvaraukset, tilat

Yleis- ja ehdotussuunnitteluvaiheessa käydään yhdessä arkkitehdin kanssa läpi tilanvaraukset normaalein suunnittelumetodein. TATE-suunnittelijan tehtävä on ilmoittaa arviot tarvittavasta tilantarpeesta sekä tilojen sijoitusalueista (kuva 2). [3, s. 15]



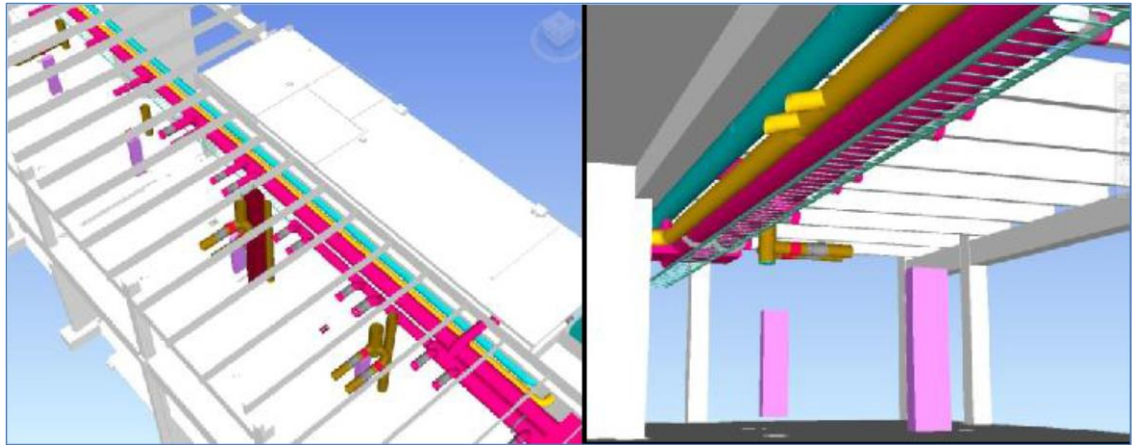
Kuva 2. Esimerkki kolmiulotteisesta tilanvarausmallista. [3, s. 15]

## Vaakasuuntaiset kerrosverkostot

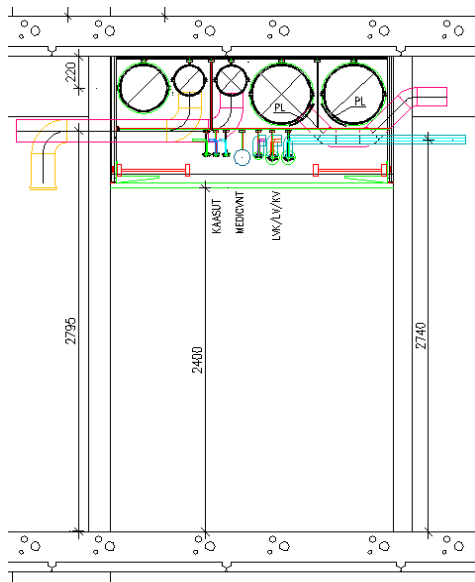
Vaakasuuntaiset kerrosverkostot (kuva 3) määrittää TATE-suunnittelija yleissuunnitteluvaiheen aikana. Pääreittien sijainti esitetään geometrian avulla mallissa, tietosisällön suhteen ei ole asetettu erityisiä vaatimuksia.

Mallinnusvaatimusten mukaan vaakasuuntaisten taloteknisten järjestelmien runkoverkostojen pääreitit on esitettävä selkeästi. Perinteisien suunnittelumetodien avulla selviävät verkostojen tarkat sijainnit, kohteesta voidaan tehdä 2D-yhteisleikkauksia (kuva 4) mm. käytävistä, kuiluista ja haasteellisista asennuspaikoista. [3, s. 15–16.]





Kuva 3. Esimerkkikuvissa esiintyy vaakasuuntaiset runkoverkostot rakennemallissa. [3, s. 16]



Kuva 4. Mallikuva perinteisestä 2D-leikkauksesta, jonka pohjalta tehdään 3D-malli. [3, s. 17]

### 3.1.2 Toteutussuunnittelu

Toteutussuunnittelu on vaihe, jossa määritellään koko rakennuksen kattavat järjestelmämallit. Talotekniikan pääjärjestelmät ovat

- vesi- ja viemärijärjestelmät
- ilmastointijärjestelmät
- lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmät

- palonsammutusjärjestelmät (esim. sprinklerit ja pikapalopostit)
- erikoisjärjestelmät (esim. kaasu- ja höyryputkistot, paineilmaverkostot, savun- ja purunpoistojärjestelmät, uimahallilaitteistot ja keskuspölynimurijärjestelmät)
- sähkönjakelujärjestelmät (esim. muuntajat, kytkinlaitokset, pääkeskukset ja virtakiskot)
- keskukset (esim. jako- ja ryhmäkeskukset ja ristikytkentäkaapit)
- johtotiejärjestelmät
- valaistusjärjestelmät
- asennuskalusteet (normaalisti ei vaadita, vain erikseen sovitussa mallihuoneissa)
- turvajärjestelmät. [3, s. 20–30.]

Suunnitelmien yhteensopivuutta ja havainnollistamista parannetaan monissa tapauksissa luomalla yhdistelmämalli. Yhdistelmämallista havainnoidaan, riittävätkö tilanvaraukset, taloteknisten järjestelmien törmäystarkastelut, rakenne ja arkkitehtimallin törmäystarkastelut ja reikä- ja varaussuunnittelu. [3, s. 31]

### 3.1.3 Tietomalliselostus

Yleis- ja toteutussuunnitteluvaiheessa sekä rakennushankkeen aikana dokumentoidaan kaikki tietomalliin liittyvä asia tietomalliselostukseen. Siinä kerrotaan mm. ohjelmisto, jolla mallia on tehty, sekä sen versiot. Lisäksi selostuksesta selviää, mitä eri objekteja on mallinnettu ja mitkä ovat niiden tietosisältö, sekä geometrinen tarkkuus. Nimikkeistöt ja kuvat aset kuuluvat myös dokumentoinnin piiriin. Liite 1 sisältää esimerkin siitä, millainen tietomalliselostus voi olla. [3, s. 8]

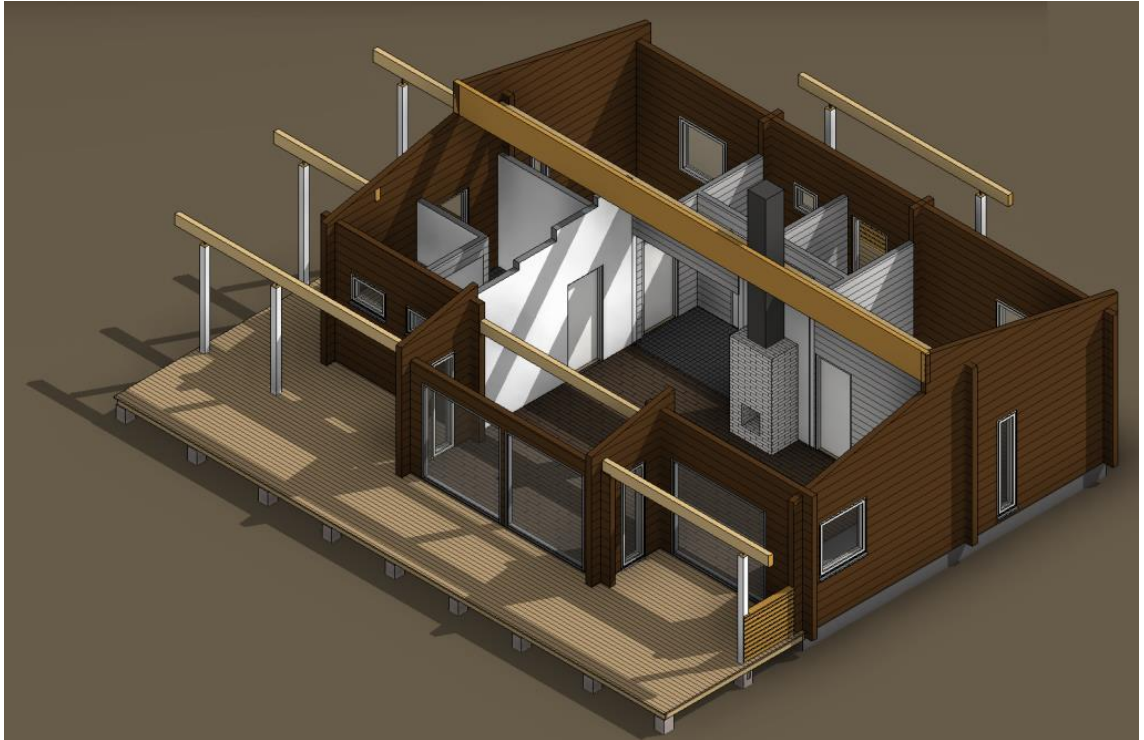
### 3.2 3D-geometria tietomallin osana

Kohteen geometrian kuvaaminen 3D-mallina on keskeistä tietomalleissa. Kun tehdään geometrinen 3D-malli, se määrittää yleensä vain rakennuksen muodon, värit, materiaalit ja toimii samalla esittämistapana erilaisissa visualisoinneissa ja havainnollistamiskuvissa.

Tietomallia luodessa hyödynnetään usein olemassa olevaa 3D-mallia, mutta paljon kattavammin. Malliin halutaan riittävästi tietoa eri rakennuksen osista ja siellä sijaitsevista komponenteista, joita voivat olla esimerkiksi

- seinän materiaalit (U-arvot, pinnan värit jne..)
- ikkunat ja ovet
- rakennusosan ikä (esim. rakennettu 1950, purettu 1985)
- kustannukset (esim. valaisin, hinta 150 e/kpl (alv 0%))
- luokittelu (rakennusosan ja huonetilojen koodit esim. huone A125)
- järjestelmät (esim. ilmanvaihtokone TK-101)
- putkistot (esim. LVI-tekniikka).

Nämä lisätiedot voidaan esim. CAD-järjestelmissä esittää rakennusosiin liittyvänä attribuuttitietona. Tietomallilla kuvataan rakennusta laajemmin ja selvästi kokonaisvaltaisemmin, kun taas geometrinen 3D-malli (kuva 5) kuvaa ainoastaan rakennuksen muotoa ja visualisoi sen ulkonäköä. [4]



Kuva 5. Esimerkkikuva rakennuksen 3D-mallista (<https://honkarinne.wordpress.com/>).

### 3.3 Tietomallinnuksen kustannukset

Tarkkaa yksiselitteistä faktatietoa mallintamisen kustannuksista on vaikea löytää, mutta alalla yleisenä nyrkkisääntönä pidetään sitä, että suunnittelutyö on noin 5–10 % kalliimpaa perinteiseen 2D-suunnitteluun verrattuna. [11]

Pitää kuitenkin muistaa tietomallin tuoma lisäarvo niin toteutus- kuin ylläpitovaiheessa-kin. Työmaalla voidaan välttyä monilta turhilta risteilyiltä ja päällekkäisyyksiltä mallin ansiosta. Mallia voidaan myös hyödyntää esimerkiksi lämmitysenergian simuloinneissa [9].

### 3.4 Käytettävät ohjelmistot

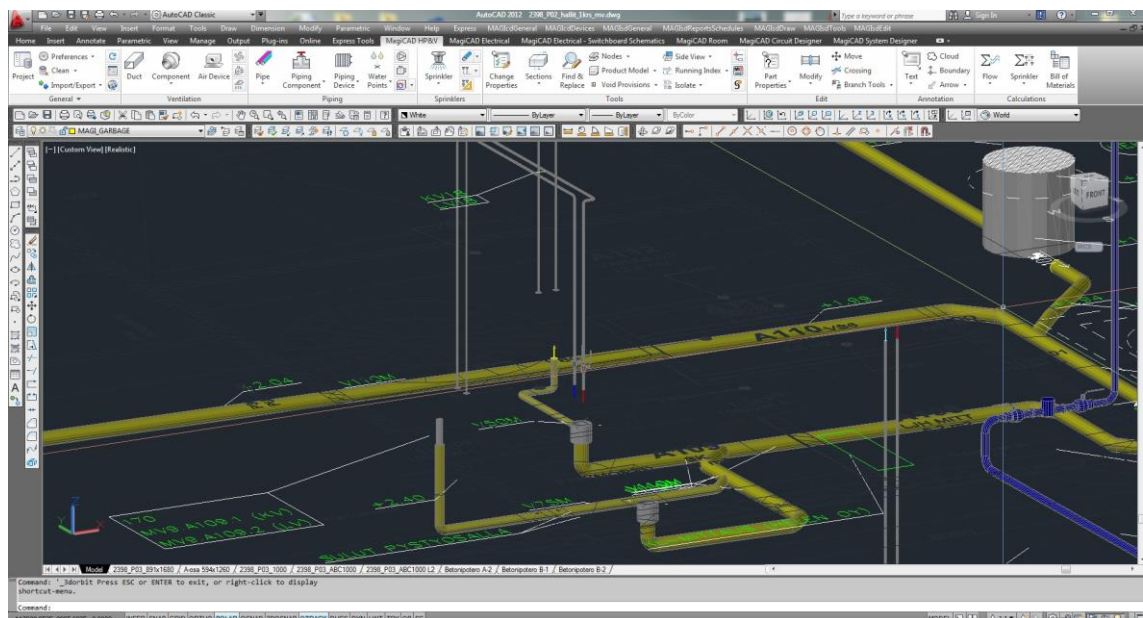
Suunnittelupuolella on useita toimivia ohjelmistoja, jokaisessa on omat puutteensa ja vahvuutensa. Tässä työssä keskityn kolmen yleisesti käytössä olevan ohjelman käyttöön. Näiden ohjelmien valintaa tukee myös kotimaisuus; MagiCAD sekä Solibri ovat molemmat suomalaisia tuotteita.

### 3.4.1 MagiCAD

MagiCAD on yksi maailman johtavista talotekniikkasuunnittelu- ja laskentaohjelmistoista AutoCAD- ja Revit-teknologiaa käyttäville ohjelmistoille. Se tarjoaa kattavan ja monipuolisen ratkaisun lähes kaikkeen talotekniikkasuunnitteluun, ja kattaa mm. lämmitys-, jäähdytys-, ilmanvaihto-, ilmastointi-, vesi-, viemärointi- ja sprinklerijärjestelmät. Ohjelmistolla voidaan myös suunnitella sähkö- sekä datajärjestelmiä.

MagiCAD vaatii pohjalleen toimiakseen joko AutoCAD- tai Revit MEP -ohjelmiston. Ohjelma tukee uusimpia IFC-määräyksiä ja suunnitelmien siirto tietomalliin onkin tehty nopeaksi ja helpoksi. Ohjelma sisältää laajan tuotekirjaston, joka kattaa tunnetuimpien valmistajien yleisimmät tuotteet.

MagiCADilla suunnitellaan joko 2D- tai 3D-näkymissä sekä yhtäaikaisesti molemmilla. Ohjelmisto luo automaattisesti kolmiulotteisen mallin. MagiCAD omaa mitoitus- ja tasapainotustoiminnot eri LVI-järjestelmille. Myös äänilaskelmat ja lämpöhäviöiden mitoitus onnistuvat, lämpöhäviöitä varten on erillinen ROOM-osio, joka vaatii myös oman lisenssin. MagiCAD (kuva 6) on hyvin yleisessä käytössä suomalaisissa suunnittelutoimistoissa. [5]



Kuva 6. MagiCADin suunnittelunäkymä kolmiulotteisena. [11]





### 3.4.3 Navisworks Simulate

Navisworks Simulate on Autodeskin tuoteperheeseen kuuluva ohjelma. Ohjelman tarkoitus on suorittaa simulointeja halutulle mallille. Yleensä tiedot malliin siirretään CAD-pohjaisesta suunnitteluohjelmasta kuten MagiCAD. Navisworks lukee useimpia CAD-tiedostomuotoja, ja täten voidaan välttyä tai vähentää IFC-tiedostomuunnoksilta. Ulkoisesti ohjelma muistuttaa ja tekee lähes samat asiat kuin edellä mainittu Solibri Model Checker. Navisworks ei kuitenkaan tarjoa yhtä laajaa ja monipuolista ohjelmistoa kuin Solibrin Model Checker.

Ohjelmalla (kuva 8) on mahdollista tehdä törmäystarkasteluja, yhdistää eri alojen malleja, luoda leikkauksia ja kommentoida tuotoksia. Ohjelmalla on myös oma .nwd-tiedostomuoto, jonka avulla mallia voidaan katsoa ilmaisohjelmilla ja tiedostoon voidaan asettaa voimassaoloaika. [7]



Kuva 8. Navisworks Simulaten työskentelynäköymä.

### 3.5 Talotekniikan suunnittelualat

Talotekniikka on termi kaikelle rakennuksessa sijaitsevalle tekniikalle ja laitteistoille. Voidaankin siis pitää talotekniikkaa jonkinlaisena yhteisnimityksenä puhuttaessa jostain rakennuksen järjestelmästä. Yleisimmät talotekniset järjestelmät ovat

- lämmitys ja jäähdytys
- vesijohto ja viemärointi
- ilmanvaihto
- automaatio
- sähkötekniikka.

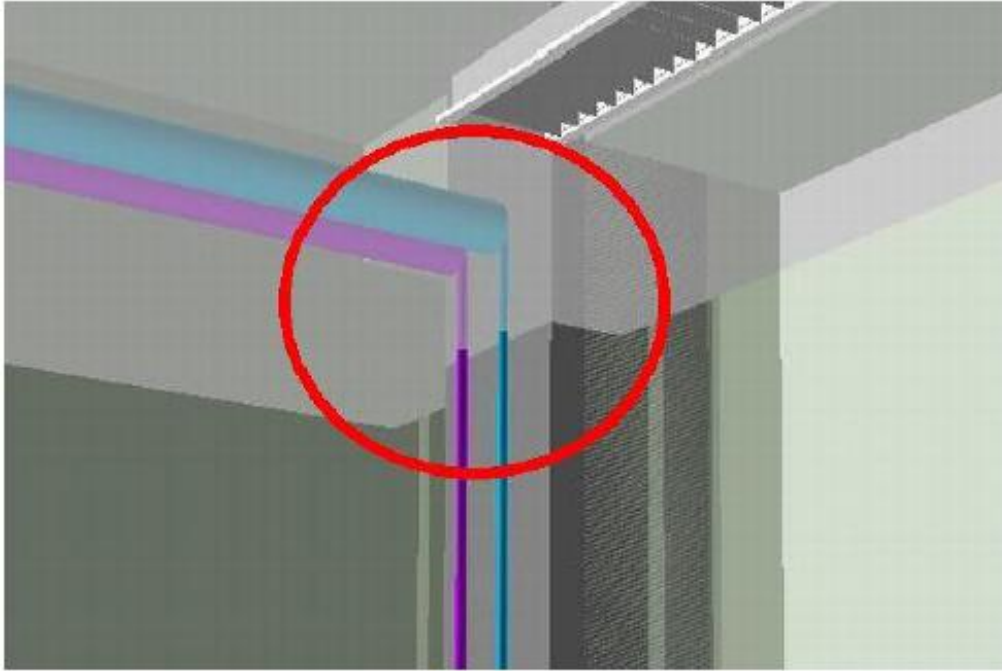
Näistä kaikista puhuttaessa voidaan käyttää lyhennettä LVISA. Yleensä kuitenkin puhutaan vain ensimmäisestä kolmesta eli LVI:stä ja tällöin automaatio ja sähkö eriytetään omaksi ryhmäkseen. Talotekniikka voi sisältää myös niin sanottuja erikoisputkistoja, joita voivat olla mm. paineilma, kaasuu, höyry, palontorjunta ja savunpoisto.

Tässä työssä keskityn talotekniikan osalta käyttövesi ja viemärointi-, lämmitys- ja ilmanvaihtojärjestelmiin ja putkistoihin.

#### 3.5.1 Vesijohto- ja lämmitysjärjestelmien tietomallit

LVI-suunnittelijan tehtäviin kuuluu vesi- ja lämmitysjohtojen ja järjestelmien suunnittelu. YTV 2012in ohjeistuksen mukaan suositellaan, että jokaisesta järjestelmästä tehtäisiin oma mallinsa. Tällöin voidaan käyttää suunnitteluohjelmien laskentatyökaluja kullekin osajärjestelmälle erikseen muista riippumatta. Havainnollisuuden parantamiseksi pääjärjestelmät tulisi esittää mallissa eri väreillä aina, kun se on ohjelmiston puitteissa mahdollista.



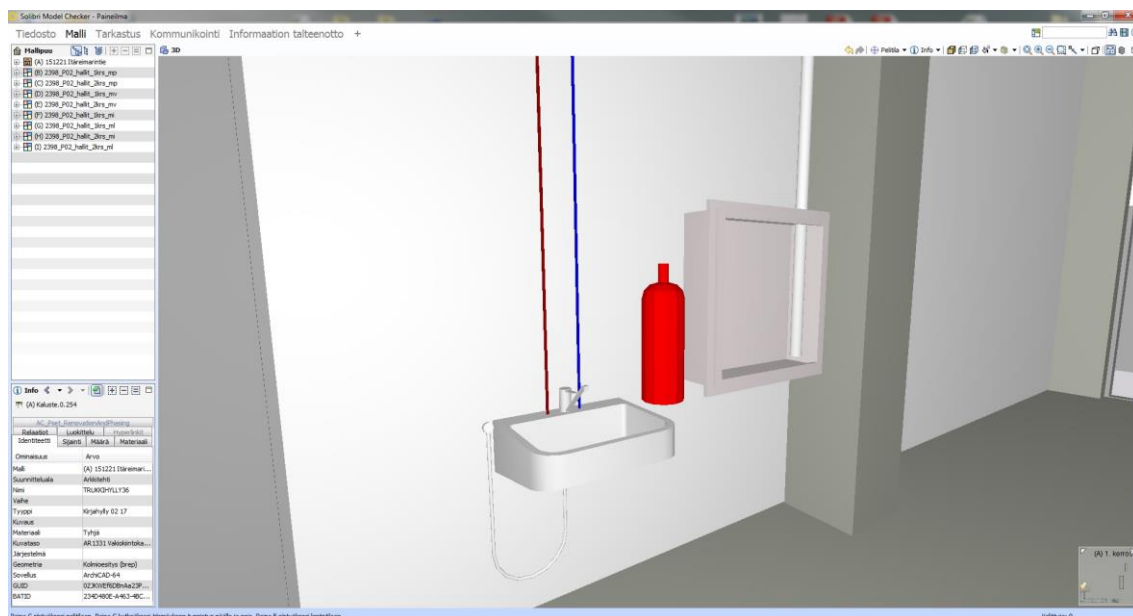


Kuva 9. Esimerkkikuva putkista, jotka sijaitsevat alakatossa eristettynä, mutta tippuvat katosta alas eristämättöminä kalusteelle. [3, s. 23]

Vesi- ja viemärijärjestelmissä malliin luodaan keskuslaitteet, putkistot, putkistojen varusteet, lattiakaivot, kattokaivot, vesikalusteet (kuva 10) ja myös putkieristeet (kuva 9).

Viemärien kaadot ja korkomaaailma tulee esittää tietomallissa todellisena, poikkeuksina mm. paikalliset, kerroksissa olevat hajoitukset esim. wc-tilaryhmät sekä piha-alueella asemapiirustuksen alueeseen kuuluvat viemäriverkostot.

Lämmitysjärjestelmien osalta mallinnetaan keskuslaitteet, putkistot, putkistojen varusteet ja päätelaitteet. Sama pätee myös jäähdytysjärjestelmiin. [3, s. 22–24.]



Kuva 10. Esimerkkikuva pesualtaasta ja pikapalopostista. [11]

### 3.5.2 Ilmanvaihtojärjestelmien tietomallit

Ilmanvaihtojärjestelmien osalta mallinnetaan ilmanvaihtokoneet, ilmanvaihtokanavat (kuva 11), kanavistojen varusteet, keskuslaitteet, päätelaitteet ja kanavistojen eristykset.

Ilmanvaihtokoneiden osalta riittää, että jokainen kone mallinnetaan oikeiden mittojen perusteella omaksi osajärjestelmäksi. Jokaiseen koneeseen liittyvät kanavistot nimitään tällöin koneiden osajärjestelmien mukaisesti. [3, s. 24]



Kuva 11. Esimerkkikuva ilmanvaihtokanavistosta ja päätelaitteesta. [11]

## 4 Referenssikohde

### 4.1 Työn tavoitteet ja sisältö

Työn tavoitteena on oppia ja tutkia kolmiulotteiden tietomallin käyttöä talotekniikan LVI-suunnittelutyössä. Työn aikana kartoitetaan mahdollisia ongelmakohtia ja esitetään vaihtoehtoisia toimintatapoja, jotka voisivat parantaa työn sujuvuutta. Työn kokemusten avulla tulen parantamaan työn sujuvuutta nykyisessä työympäristössäni. Työssä hyödynnän pian toteutuvaa suurta rakennuskohdetta.

Sisältö kattaa hankkeen osapuolet, käytetyt työkalut ja menetelmät, kohteen kuvauksen, eri suunnittelualat, pohdinta- sekä parannusehdotukset-osuuden.

### 4.2 Hankkeen osapuolet

Uuden rakennuskohteen käynnistyessä ovat useat suunnittelualat mukana. Kommunikointi ja yhteistyö ovat tärkeitä heti alkuvaiheesta lähtien, jolloin vältetään turhia ristiriitoja ja turhaa uudelleen suunnittelua.

Hankkeella on oltava suunnittelun osalta ainakin seuraavat osapuolet:

- arkkitehti
- rakennesuunnittelija
- LVI-suunnittelija (lämmitys, käyttövesi ja viemärit, ilmanvaihto)
- automaatio-suunnittelija
- sähkösuunnittelija.

Kaikkien edellä mainittujen tulee varmistaa suunnitelmien yhteensopivuus, tämä on hyvä tehdä useasti hankkeen aikana. Nykyaikana suunnitelmien jakamista helpottavat internetpohjaiset projektipankit, joista kerron seuraavassa luvussa lisää.

#### 4.3 Käytettävät ohjelmistot ja työn kulku

Suunnittelutyötä varten tarvitaan erilaisia ohjelmistoja. Tämän kohteen osalta käytössä ovat tuoreimmat saatavilla olevat versiot. CAD-suunnittelu tehdään MagiCAD 2015.11 -versiolla, josta saadaan helposti ja nopeasti tuotettua IFC-malli. MagiCAD vaatii toimiakseen AutoCADin, joka toimii ohjelman alustana. AutoCADista on saatavilla tuorein 2016-versio, joka on käytössämme toimistolla. Tietomallin tarkastelua varten käytämme Solibrin Model Checker V.9.6.12 -ohjelmistoa.

Yleensä suunnittelutoimistoilla on tapana jakaa eri osa-alueiden työt eri suunnittelijoille, jotta pysytään annetussa aikataulussa. Tässä hankkeessa minä vastaan käyttöveden ja viemärin suunnittelusta ja toinen suunnittelija hoitaa lämmityksen ja ilmanvaihdon.

Suunnittelutyö alkaa siitä, kun arkkitehti toimittaa kohteesta pohjapiirustukset ja niihin perustuvan IFC-mallin. Tämän jälkeen luodaan MagiCAD-projekti, johon arkkitehtipohjat asetetaan XREF-toiminnolla taustalle. Tyypillisesti pohja lukitaan paikalleen, jolloin se ei häiritse suunnittelutyötä. Projektiin määritetään kerroskorkeudet, piirtoalue ja nol-lapiste.



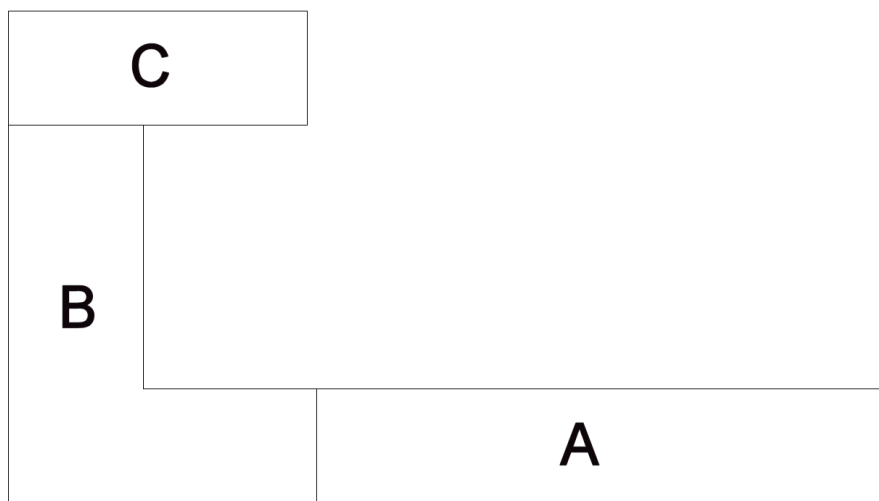
#### 4.4 Kuvaus kohteesta

Tässä työssä käytän referenssikohteena työelämässä suunnittelemaani hallirakennusta. Sen suunnittelu on vielä L2-luonnosvaiheessa, mutta tietomallin osalta suunnitelmat ovat kohtuullisen tarkat ja pitkälle viedyt. Suunnitelmat tehdään sekä perinteiseen tapaan kaksiulotteisina paperikuvina sekä kolmiulotteisina tietomalliin.

Rakennus tulee sijaitsemaan Helsingissä, Vuosaarella. Rakennuksen pinta-ala on nykyisien suunnitelmien mukaisesti noin 5 000 m<sup>2</sup>. Tilaajana on Helsingin kaupungin Tilakeskus, ja käyttäjänä tulee olemaan STARA. Hankkeen valmistumisaikataulu kirjoitushetkellä on vuonna 2018.

Rakennus on jaettu kolmeen osaan: A, B ja C (kuva 13). Tämä johtuu siitä, että rakennus sijaitsee kahdella eri tontilla ja rakennuksella on useita eri käyttäjäryhmiä. A-osa toimii talotekniikan osalta itsenäisesti omalla ilmanvaihdolla, lämmityksellä ja käyttövedellä. B ja C osissa käytetään yhteisiä järjestelmiä edellä mainittujen osalta. Rakennus kokonaisuudessaan liitetään Helen Oy:n kaukolämpöverkoston.

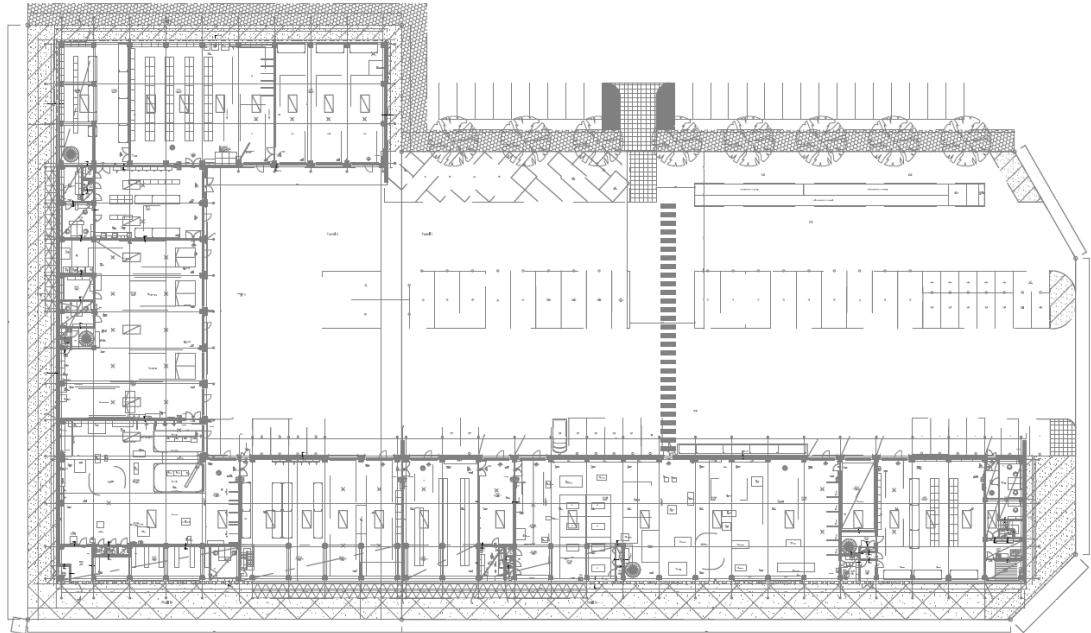
Kohteen LVIA-suunnittelusta vastaa Helsingissä sijaitseva Hevac-Konsultit Oy.



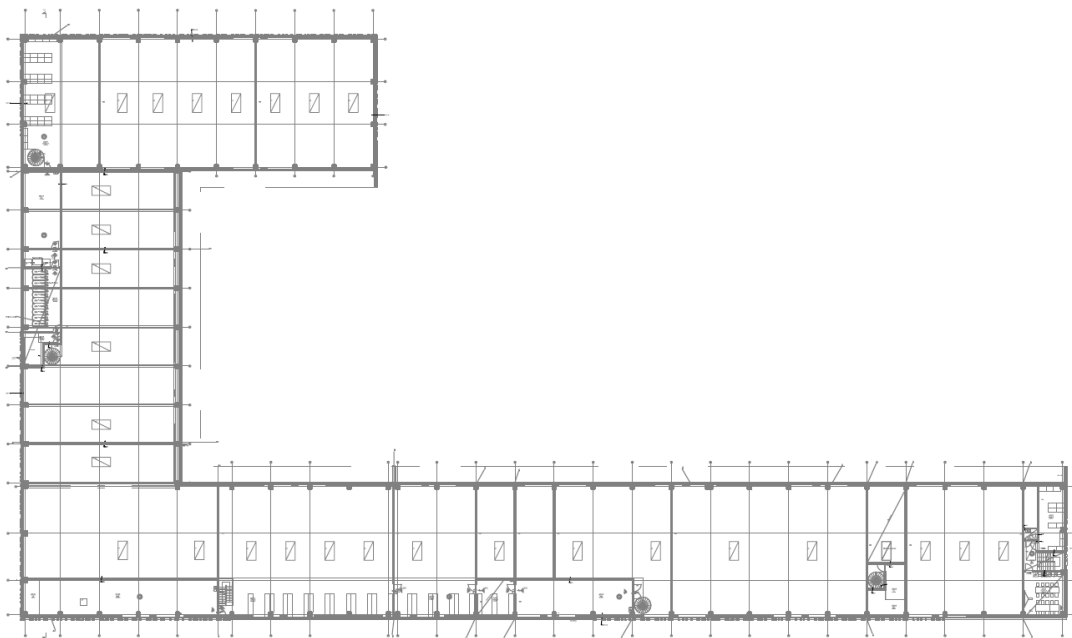
Kuva 13. Kaaviokuvassa on esitetty rakennuksen jako kolmeen eri osaan: A, B ja C. [11]

Rakennuksen ja hankkeen laajuuden vuoksi päätin keskittyä työssäni vain A-osan tietomallin tarkasteluun.

Kuvassa 14 ja 15 esiintyvät arkkitehdilta saadut pohjapiirrokset molemmista kerroksista. Pohjakuviin tulee todennäköisesti vielä tulevaisuudessa pieniä muutoksia. Haluan-kin painottaa, että suunnitelmat ovat tässä vaiheessa vielä L2-luonnostasolla.



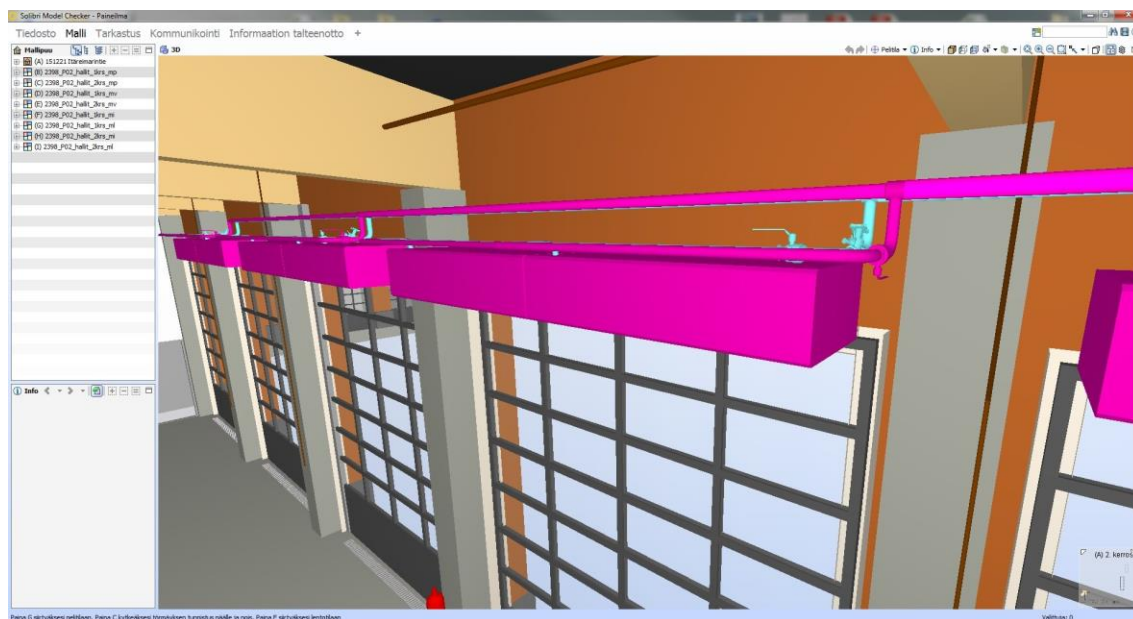
Kuva 14. Kerros 1. Vuosaareen tulevasta hallirakennuksesta. [11]



Kuva 15. Kerros 2. Vuosaareen tulevasta hallirakennuksesta. [11]

## 4.5 Lämmitys

Kohteen lämmitysmuotona toimii kaukolämpö. Sillä lämmitetään käyttövesi, ilmanvaihtokoneiden lämmityspatterit, oviverhokojeet (kuva 16), lämmityspatterit sekä lattialämmityspotkistot. Korkeiden tilojen lämmitys hoidetaan katossa sijaitsevilla lämmityskonvektoreilla. Oviverhokojeita ohjaa automaattikka, nosto-oven avautuessa se käynnistää oviverhokojeen, joka tuottaa ilmaverhon oven eteen.

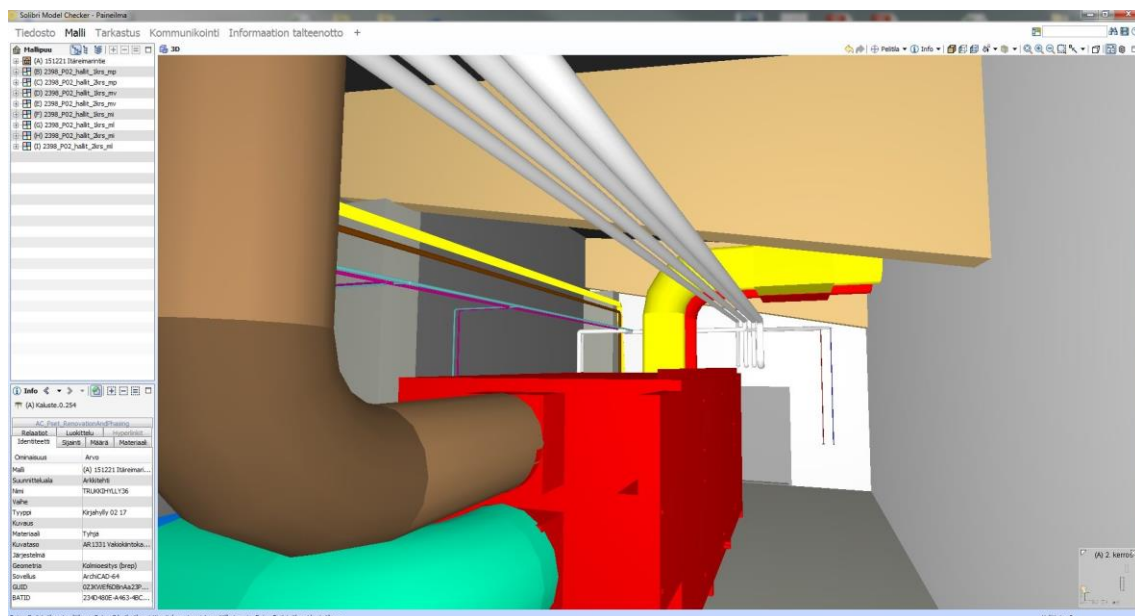


Kuva 16. Kohteessa on useita nosto-ovia, joiden yläpuolelle asennetaan oviverhokojeet. [11]

## 4.6 Ilmanvaihto

Kohteeseen tullaan toteuttamaan koneellinen ilmanvaihto. Ilmanvaihtokone (kuva 17) sijaitsee teknisessä tilassa ja ilmaa jaetaan keskitetysti sieltä kanavistoja pitkin. Kone ottaa raitisilman säleikön kautta ulkoseinästä. Poistoilma johdetaan vesikatolle. Ilmanvaihtokone on varustettu lämmöntalteenotolla, jolla saavutetaan energiatehokas tapa ilmanvaihdolle.





Kuva 17. Ilmanvaihtokonehuone ja siellä sijaitseva ilmanvaihtokone. [11]

#### 4.7 Käyttövesi ja viemäri

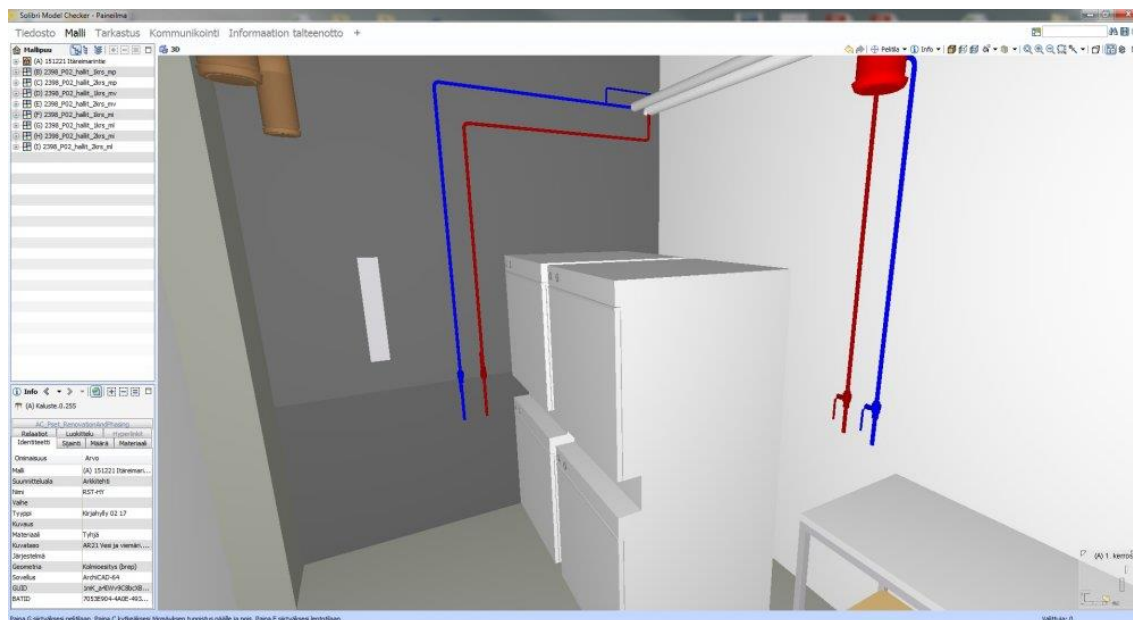
Kohteessa on HSY:n toimittama vedenjakelu. Lämminkäyttövesi lämmitetään kauko-  
lämpösiirtimellä ja lämminkiertovesiputkisto kattaa koko verkoston rakentamismääräyk-  
sien mukaisesti.

Kohteessa on seuraavanlaisia vesikalusteita:

- yksiotesekoittajia
- WC-istuimia
- pikapaloposteja
- vesiposteja
- pesukoneventtiilejä (kuva 18).

Viemäripisteiden osalta kohteessa on monenlaisia lattiakaivoja sekä hiekan- ja poltto-  
aineenerotuskaivoja. Rakennuskohteen suuruuden vuoksi normaalilla viettoviemärillä

ei onnistuta kaikkia viemäröintejä toteuttamaan, joten kohteeseen rakennetaan useampi jätevedenpumppaamo. Pumppaamot viemäroidään paineviemärin avulla kadulla sijaitsevaan kunnan jätevesilinjaan. Rakennuksessa viemäreiden tuuletukset johdetaan vesikatolle.



Kuva 18. Teollisuuspesukoneet, jotka varustetaan kylmä- ja kuumavesiliitännöillä. [11]

## 5 Johtopäätöksiä

Mallintaminen on monella tapaa suunnittelua monipuolistava ja visuaalisuutta parantava menetelmä ja se on yleistymässä. Nyt tuntuu siltä, että mallintamista harjoitetaan vain isommissa rakennushankkeissa ja julkisen puolen sektorilla. Tällä hetkellä mallintamisen tarjoamat kustannussäästöt voivat kadota kalliimpaan ja aikaa kuluttavampaan suunnittelutyöhön. Ohjelmistot ovat kehittyneet varsin monipuolisiksi, ja niistä on löydettävissä ominaisuuksia parantamaan nykyisiä työtapoja ja tehokkuutta.

Työmaalta saatu palaute on ollut pääosin positiivista, hankalissa paikoissa mallin kolmiulotteisuus auttaa havainnollistamisessa. [10]

Mikään ohjelmisto ei ole täydellinen, sen huomasi useaan otteeseen tehdessä suunnittelutyötä mallintamalla. Havaitsin, että mallissa korkoasemien muokkaaminen on hankalaa ja hidasta. Esimerkiksi MagiCADissa, jos halutaan muuttaa kokonaisen putkiston korkoasemaa, on jokaisen T-haaran ja mutkan valinnan osuttava kohdilleen. Jos yksikin putkiston osa jää valinta-alueen ulkopuolelle, ei ohjelmisto suorita korkomuutosta halutulla tavalla. Tässä kohtaa tarvittaisiin ohjelmalta enemmän älyä, jotta se ymmärtäisi, mitä käyttäjä haluaa tehdä.

Suunnitelmien siirto IFC-malliin MagiCADista on suhteellisen hyvä ja nopea, mutta siihenkin toivoisin pientä parannusta. Kun MagiCADin puolella tehdään muutoksia, on aina tehtävä erillinen IFC-tallennus. Tämän jälkeen on Solibri Model Checkerissa päivitettävä mallit. Tämän usean erillisen työvaiheen yhdistäminen yhteen käyttäjän toimintoon MagiCAD-ohjelmiston puolella lisäisi tehokkuutta.

Tietomalliin tehtyjä muutoksia on vaikeampi havaita, kun verrataan perinteisiin 2D-kuviin, jossa tehdyt muutokset merkitään muutosnuolin tai muutospilvellä. [10]

Aiheeseen perehtyminen toi esille paljon uutta tietoa ja uusia menetelmiä. Opin ymmärtämään tietomallin teon kokonaisuuden ja kaikki ne vaiheet, joita tarvitaan, jotta saavutetaan valmis tietomalli. Uskon, että pystyn jatkossa työssäni toimimaan tehokkaammin ja paremmin tietomalli projektien parissa. Uskon myös tästä työstä olevan apua työpäikkälleni, varsinkin niille, joilla ei ole aikaisempaa mallintamiskokemusta.

Varmaankaan koskaan ei voi tarpeeksi painottaa yhteistyön merkitystä projekteissa. Mallintamisessa samoin kuin perinteisessäkin suunnittelussa, on tärkeää sopia etukäteen reitit ja tilanvaraukset, jotta vältetään mm. turhilta putkistoristeiltä ja päällekkäisyyksiltä. Kaikkien osapuolien olisi hyvä nähdä ja kokoontua projektin aikana, vaikka he olisivatkin eri yritysten edustajia.

## Lähteet

- 1 Tietomallinnus. 2015. Verkkodokumentti. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto (RIL)  
<<http://www.ril.fi/fi/alan-kehittaminen/tietomallinnus.html>> Luettu 27.12.2015.
- 2 Yleiset tietomallivaatimukset 2012 (YTV) versio 1.0 Osa 1. 2012. BuildingSMART Finland. Helsinki.
- 3 Yleiset tietomallivaatimukset 2012 (YTV) versio 1.0 Osa 4. 2012. BuildingSMART Finland. Helsinki.
- 4 Freese Simo, Penttilä Hannu, Rajala Marko. 2007. Arvorakennusten korjaushankkeet ja tuotemallintaminen. Verkko-dokumentti. Teknillinen korkeakoulu, arkkitehtiosasto  
<[http://arkit.tkk.fi/senaatti/images/Arvorakennusten\\_korjaushankkeet\\_ja\\_tuotemallintaminen.pdf](http://arkit.tkk.fi/senaatti/images/Arvorakennusten_korjaushankkeet_ja_tuotemallintaminen.pdf)> Luettu 03.01.2016
- 5 MagiCAD lyhyesti. Verkkodokumentti. MagiCAD.  
<<http://www.magicad.com/fi/content/magicad-lyhyesti>> Luettu 3.1.2016
- 6 Solibri. Verkkodokumentti. <<http://www.mad.fi/mad/solibri.html>> Luettu 3.1.2016
- 7 Navisworks. Verkkodokumentti. <<http://www.futuregroup.fi/products/autodesk-navisworks/>> Luettu 3.1.2016
- 8 Lindfors. K. 2016. Hevac-Konsultit Oy. Haastattelu. 22.1.2016
- 9 Mikkola S. Suomen LVI-liitto Ry. Haastattelu. 20.1.2016
- 10 Seppänen R. Helsingin LVI-yhdistys Ry. Haastattelu. 3.2.2016
- 11 Kuvamateriaali: © Hevac-Konsultit Oy

## Esimerkki tietomalliselostuksesta

YTV2012 Osa 4. Talotekninen suunnittelu, ehdotus tietomalliselostuksen sisällöstä.

Yleiset Tietomallivaatimukset 2012

Osa 4, Talotekniikka

Tietomalliselostus	TATE
Havainnollistuskuva kohteesta	
Suunnittelukohde	
Suunnitteluvaihe	
Tietomalliselostuksen päiväys	
Muutospäiväys	
Yritys	
Tietomalliyhteyshenkilö	
Yhteyshenkilön sähköpostiosoite	
Yhteyshenkilön puhelinnumero	
Kohteen vastuullinen suunnittelija	
Kohteen projektipäällikkö	
Käytettävät ohjelmistot	
Lisätietoja, huomioita yms.	

## Yleiskuvaus mallinnusperiaatteista

Nimikkeistöt/käytettävät kuvat	Tarvittaessa erillisen, projektikohtaisen liitteen mukaisesti	
Mallinnuksen mittayksikkö	mm	
Origo (x,y,z)	ARK-mallin mukainen	
Kerrosten lattian absoluuttinen korkotasema	1. kerros	+ 10.00
	2. kerros	+14.00
	3. kerros	+18.00
	..	..
IFC-tiedostojen tekotapa	Yleisten Tietomallivaatimusten kappaleen 2.4.1, vaihtoehto 1:n mukaisesti	
Mallin tarkkuus	Yleisten Tietomallivaatimukset, Osan 4, Liitteen 1 mukainen	
Poikkeukset tarkkuustasosta:	1.	
Mallin tietosisältö	Yleisten Tietomallivaatimukset Osan 4, Liitteen 1 mukainen	
Poikkeukset tietosisällöstä	1.	
Alueet, jotka eivät ole törmäystarkastuskelpoisia		
Muuta huomioitavaa		

## **Tietomallinnuksen käyttökokemuksia**

3D-tietomallipohjainen talotekniikan LVI-suunnittelu / Markus Anttila

Talotekniikan tietomallien parissa työskentelevien haastattelukysymykset:

### 1.) Perustiedot

- Haastattelupaikka ja aika
- Haastateltavan nimi
- Yritys
- Toimenkuva ja tehtävänimike

### 2.) Talotekniikan tietomallit

- Koska olet aloittanut työskentelyn tietomallien parissa?
- Montako kohdetta olet arviolta suunnitellut mallintamalla?
- Mitä ohjelmistoja olet käyttänyt?
- Oletko käynyt mallinnusta varten erillistä koulutusta?
- Mikä on mielipiteesi tietomallien käytöstä rakennushankkeissa?

### 3.) Tietomallin käyttö suunnittelussa/toteutusvaiheessa

- Käyttääkö yrityksenne YTV2012 ohjeistusta tietomalleja tehdessä?
- Helpottaako tietomallinnus suunnittelutyötä, ja jos niin miten?
- Hyödynnättekö tietomallia määrälaskennassa?
- Osaatko arvioida perinteisen ja mallintamalla tehdyn suunnittelun kustannuksia?
- Uskotko mallinnuksen mahdollisiin kustannussäästöihin työmaavaiheessa?
- Millaista palautetta olet saanut työmaalta?
- Ideoita mallintamisen helpottamiseksi/parantamiseksi?